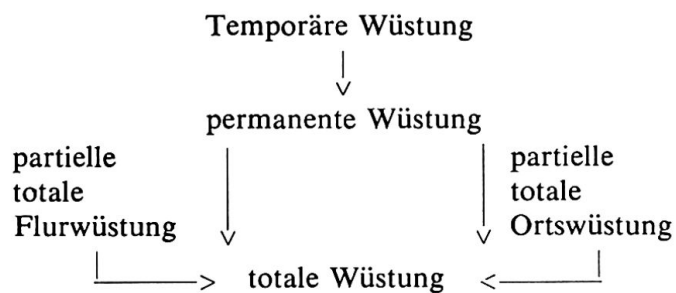


Phosphatuntersuchungen zur topographischen Lokalisation von Ortswüstungen

Peter Abt

Zwei kürzlich erschienene Sammelberichte¹ orientieren uns über den Stand der Wüstungsforschung in Dänemark, Deutschland, England, Frankreich, Griechenland, Italien, Norwegen, Polen, Schweden und Spanien. In unserem Lande steht die Erforschung der Wüstungsvorgänge noch am Anfang. Gut untersucht ist der Kanton Schaffhausen durch die Arbeiten von W. U. Guyan². H. Kläui³ verfaßte einen Artikel über die Wüstungsforschung im Kanton Zürich. In seiner Dissertation untersuchte M. Trächsel⁴ Flurwüstungen in der Nordostschweiz. Vor einiger Zeit berichtete A. Lüthi⁵ über die Wüstungsforschung im Kanton Aargau. Noch sollten manche Forschungslücken geschlossen werden. Es wäre erfreulich, wenn dies, wie z. B. in Deutschland, durch interdisziplinäre Zusammenarbeit von Geographen, Historikern, Archäologen, Bodenkundlern, Botanikern und Zoologen geschehen würde.

Der lange umstrittene Begriff der Wüstung⁶ wird heute oft in einem Wüstungsschema dargestellt, W. Abel hat vor einiger Zeit die folgende Version vorgeschlagen⁷:



Wir wollen uns hier mit den Ortswüstungen befassen. Ihre exakte topographische Lokalisierung erscheint uns in einer Zeit reger Bautätigkeit von besonderer Bedeutung. Stünde beispielsweise ein vollständiges Wüstungsverzeichnis der Schweiz zur Verfügung, so ließe sich die Ausgrabung der durch Bauvorhaben bedrohten Objekte systematisch planen. Während besonders in England und Deutschland⁸ schon zahlreiche mittelalterliche Wüstungen archäologisch erforscht wurden, ist im vergangenen Spätsommer erstmals eine bedeutende Wüstungsgrabung in der Schweiz angelaufen. Es handelt sich um + Berslingen (Gemarkung Schaffhausen), das im Bereich der Nationalstraße 4 liegt⁹ (Abb. 1).

Wie kann beim Aufspüren von Wüstungen vorgegangen werden? Es kommen Archivforschungen

einerseits und Felduntersuchungen andererseits in Frage¹⁰. Aus der Gruppe der letzteren soll nun von den Phosphatuntersuchungen die Rede sein. Chemische Bodenanalysen zur Bestimmung der Phosphate wandte O. Arrhenius bereits 1931 in der schwedischen Kulturlandschaftsforschung an¹¹. 1940 führte W. Lorch¹² die «siedlungsgeographische Phosphatmethode» ein, die in der Folge häufig zur Lokalisation von Wüstungen eingesetzt wurde. Seit den fünfziger Jahren gelangte die Laktatmethode zur Anwendung¹³. H. Gundlach¹⁴ vereinfachte 1961 die Lorchmethode und entwickelte daraus die Tüpfelmethode als Feldmethode. Sie unterscheidet sich von den übrigen Methoden durch ihren äußerst geringen Aufwand an Zeit und Material und liefert entsprechend nur qualitative Resultate. Die Laktatmethode dagegen ermöglicht eine einwandfreie quantitative Analyse des laktatlöslichen Phosphatgehaltes, sie erfordert aber relativ viel Zeit und teure Geräte. Für die topographische Lokalisation von Ortswüstungen scheint eine Kombination der beiden Methoden besonders geeignet zu sein: In einem wüstungsverdächtigen Gelände bestimmt man zunächst eine große Anzahl von Proben nach der Tüpfelmethode, bis man auf Orte mit bemerkenswerten Unterschieden im Phosphatgehalt stößt. An diesen wüstungsverdächtigen Stellen kann anschließend die Laktatmethode gezielt eingesetzt werden.

Eine genaue Beschreibung der Tüpfelmethode nach Gundlach mit zusätzlichen Hinweisen für eine erfolgreiche Anwendung gibt G. T. Schwarz¹⁵.

Fassen wir einige wesentliche Merkmale dieser Feldmethode zusammen. Wie bei zahlreichen anderen Vorgehen zur Bestimmung des Phosphors¹⁶ wird auch bei der Tüpfelmethode Phosphormolybdat gefällt und anschließend zu Phosphormolybdänblau reduziert. Etwa 50 mg («eine Messerspitze») Feinerde gibt man auf ein aschefreies Filterpapier (Durchmesser ca. 11 cm). Die Extraktion der Phosphorsäure und gleichzeitige Bildung von Phosphormolybdat erfolgt durch Zugabe von 2 Tropfen der Lösung A: 5 g Ammoniummolybdat in 100 ml kaltem, destilliertem Wasser lösen, nach Auflösen 30 ml Salpetersäure (Dichte 1,2) eingießen (bei kalkhaltigen Böden: Dichte 1,4). Nach 30 Sekunden kommen als Reduktionsmittel 2 Tropfen der Lösung B: 0,5%ige Ascorbinsäure dazu. Diese Lösung B ist nur sehr beschränkt haltbar und sollte

täglich frisch angesetzt werden. Nach einer weiteren halben Minute werden die Reaktionen abgeschätzt:

Beschreibung:	Wert:
Negativ: keine Blaufärbung	0
Spuren: bis 2 mm von der Probe	1
Schwach: Blaufärbung, bildet einen Kreis um die Probe, einzelne blaue Strahlen schmelzen zusammen	2
Positiv: deutliches blaues Band um die Probe, Durchmesser 10—15 mm	3
Stark: großer blauer Fleck von mehr als 20 mm	4

Die Skala ist nicht linear.

Es ist empfehlenswert, mehrere Proben (etwa 6—8) gleichzeitig zu bestimmen. Die Untersuchungen von G. T. Schwarz haben ergeben, daß kleine Unregelmäßigkeiten beim Abmessen der Probemenge praktisch keine Fehler verursachen. Dagegen muß die Reagenzienmenge von je 2 Tropfen strikte eingehalten werden (gleiche Pipetten oder Tropfflaschen verwenden), ferner soll man auch bei der Schätzung der Blauintensität nicht zu lange warten, 10 Minuten nach dem Zugeben der Ascorbinsäure sind die Unterschiede schon stark verwischt.

Die Untersuchungsergebnisse übertragen wir auf den Plan mit den Entnahmestellen der Erdproben. Bei der Interpretation müssen auch die Entnahmetiefen der Proben berücksichtigt werden, besonders bei Störungen durch Akkumulation, Erosion und anthropogene Einflüsse. Zeichnen sich nun auf dem Plan größere Flächen durch erhöhten Phosphatgehalt aus, so dürfen diese zunächst als wüstungsverdächtig gelten. Die Phosphorsäure kommt im Boden in ganz verschiedenen Formen vor (sehr leicht bis sehr schwer löslich), daher kann nicht generell ausgesagt werden, welche Skalenwerte eine Ortswüstung anzeigen. Bereits der Wert 2 kann ein Indiz sein, falls sonst nur 0 oder 1 vorkommt.

Sind wir mit Hilfe der Tüpfelmethode auf erste Spuren gestoßen, arbeiten wir mit der Laktatmethode weiter. Wir wissen bereits, wo und in welcher Tiefe die Kulturschichten zu erwarten sind und vermeiden auf diese Art die zeitraubende Analyse wenig aussagekräftiger Proben.

Die Laktatmethode wird nach der Kalziumlaktatlösung benannt, die zur Extraktion der Phosphate dient. Wie auch die Methode von Arrhenius (Extraktionsmittel: Zitronensäure) entstammt die Laktatmethode der landwirtschaftlichen Forschung, wo sie zur Bestimmung der Phosphat-Düngebedürftigkeit von Kulturböden verwendet wird. Mit beiden Methoden mißt man nur einen Teil des Gesamtphosphors, der aber für die Landwirtschaft wie auch für die Archäologie und Wüstungsforschung relevant ist.



Abbildung 1. + Berslingen (Gemarkung Schaffhausen), Zustand vor der Ausgrabung. Im Hintergrund «Schweizersbild» und «Buechbrunnen»

Nach den Arbeitsanleitungen der Eidgenössischen Landwirtschaftlichen Versuchsanstalt Zürich-Oerlikon¹⁷ läßt sich die Laktatmethode im Laboratorium wie folgt durchführen:

1. Trocknen der Proben im Trockenschrank bei etwa 50° C. Bei höheren Temperaturen könnten schwerlösliche Phosphorverbindungen entstehen.

2. Zerreiben der Proben im Mörser, Entfernen der Fraktion über 2 mm.

3. Reagenzien: *Laktat-Vorratslösung*: 24 g Ca-Laktat mit etwa 150 ml kochendem destilliertem Wasser lösen, zur warmen Lösung 8 ml 10 n HCl zugeben. Auffüllen mit Wasser auf 200 ml.

Laktat-Gebrauchslösung (wenige Tage haltbar): 100 ml Vorratslösung mit destilliertem Wasser auf 2 l verdünnen.

Schwefelsaure Ammoniummolybdatlösung: 40 g $(\text{NH}_4)_6 \text{Mo}_7 \text{O}_{24} \cdot 4 \text{H}_2\text{O}$ (Mol'gew. 1235,9) in etwa 800 ml mit Soda eingestellte 20 n H_2SO_4 einrühren und mit dieser Schwefelsäure auf 1 Liter auffüllen. In dunkler Glasflasche aufbewahren. 20 n H_2SO_4 enthalten 536 ml konzentrierte Schwefelsäure im Liter (spez. Gew. 1,834).

Sulfaminsäure (Amidosulfonsäure)

Täglich frisch bereiten oder höchstens wenige Tage kühl aufbewahren. 1,5 g $\text{NH}_2\text{SO}_3\text{H}$ (Mol'gew. 97,1) in 25 ml destilliertem Wasser lösen und durchschütteln.

Ascorbinsäure

Täglich frisch bereiten, Aufbewahrung im Kühlschrank bis zum nächsten Tag zulässig. 0,5 g Ascorbinsäure ($\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$, Mol'gew. 176,1) in 50 ml destilliertem Wasser lösen.

Standardphosphatlösung

1,9166 g KH_2PO_4 in 500 ml destilliertem Wasser lösen, 2 ml H_2SO_4 konzentriert zugeben, auffüllen

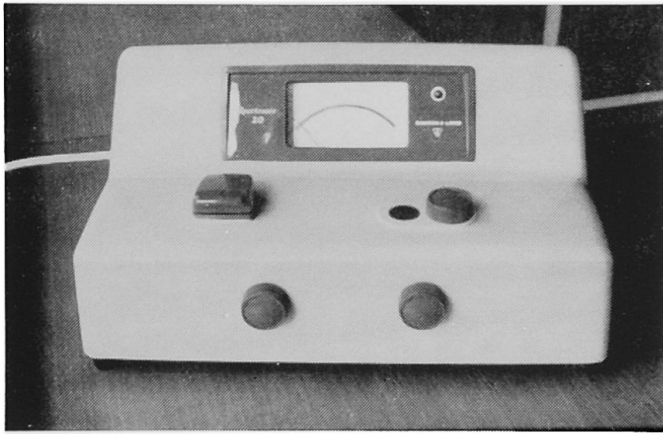


Abbildung 2. Kolorimeter Spectronic 20

auf 1 Liter (Vorratslösung). 25 ml Vorratslösung mit destilliertem Wasser auf 500 ml verdünnen (Gebrauchslösung). Diese Lösung enthält 0,05 mg P_2O_5 je ml.

4. Zu 2 g Feinerde 100 ml Laktat-Gebrauchslösung zugeben, 1½ Stunden auf der Schüttelmaschine schütteln und anschließend durch trockenes, phosphatfreies Faltenfilter filtrieren.

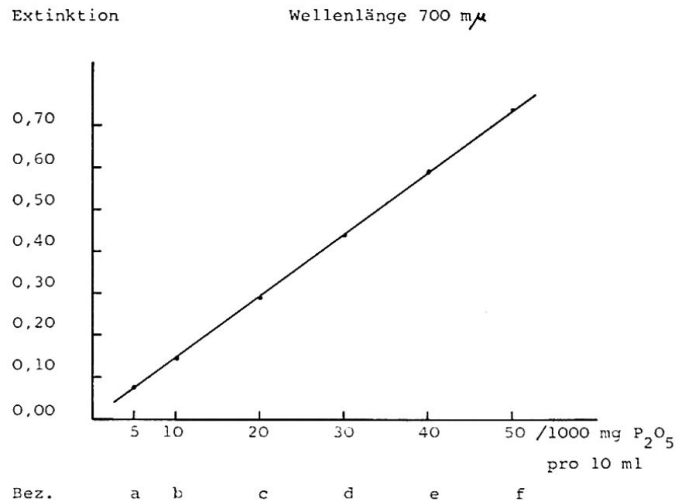
5. Genau 10 ml Bodenextrakt ins Reagenzglas abmessen. Für eine Serie von 40 bis 45 Bestimmungen 25 ml Sulfaminsäure mit 25 ml schwefelsaurer Ammoniummolybdatlösung mischen. Von der Mischung 1 ml zum Bodenextrakt zusetzen und durchschütteln. Darauf 1 ml Ascorbinsäure abmessen und nochmals schütteln. Nun werden die Reagenzgläser während 15 Minuten im Wasserbad bei 98° gehalten. Wichtig: Nicht länger kochen, da sonst Verdunstungsverluste auftreten. Kochtemperaturen unter 95° genügen nicht.

6. Herstellung einer Standardreihe: 0,5 ml der Laktatvorratslösung in angeschriebene Reagenzgläser abmessen und folgende Mengen Standardphosphat-Gebrauchslösung zugeben:

Bezeichnung	ml	entspricht mg P_2O_5 /10 ml
a	0,1	0,005
b	0,2	0,01
c	0,4	0,02
d	0,6	0,03
e	0,8	0,04
f	1	0,05

Gemisch mit destilliertem Wasser auf 10 ml ergänzen und gleich wie Bodenextrakte weiterbehandeln.

7. Kolorimetrieren: Die vom Verfasser durchgeführten Untersuchungen erfolgten mit dem Kolorimeter Spectronic 20 (Bausch & Lomb, USA) im Geographischen Institut der Universität Zürich.



Figur 1. Standardkurve

Wellenlänge 700 mμ, Rotfilter und rotempfindliche Photozelle (Abb. 2).

8. Die Standardreihe ergibt die Standardkurve (Fig. 1).

9. Ablesen des Gehalts der Analysenlösung an der Standardkurve in mg P_2O_5 = x. Umrechnen auf mg P_2O_5 /100 g Erde bei 10 ml Vorlage, entsprechend 0,2 g Boden:

$$\frac{x \cdot 100}{0,2} = x \cdot 500 = \text{mg } P_2O_5 \text{ je 100 g Erde}$$

Nach E. Frei ist dieses Ascorbinsäureverfahren der älteren Zinn-(II)-Chloridmethode vorzuziehen. Bei den verwendeten Konzentrationen der Reagenzien entstehen sehr stabile und sehr empfindliche Blaufärbungen.

An dieser Stelle sei noch eine Bemerkung zur siedlungsgeographischen Phosphatmethode nach Lorich angeführt. Diese ist wohl rascher und billiger durchzuführen als die Laktatmethode, doch liefert sie nicht in allen Fällen zuverlässige Ergebnisse. Da die Extraktion der Phosphate und die Nachweisreaktion gleichzeitig in gleichem Reagenzglas stattfindet, sind unkontrollierbare Nebenreaktionen möglich. Bei der Laktatmethode dagegen ist diese Gefahr ausgeschlossen, Extraktion und Nachweisreaktion sind voneinander getrennt. Somit wird man beispielsweise die Laktatmethode oder die Zitronensäuremethode nach Arrhenius jener von Lorich vorziehen, falls man exaktquantitative Bestimmungen der Phosphorsäure wünscht.

Durch Kartierung der Analysenresultate erhalten wir einen Phosphatplan. Als Beispiel führen wir + Ergoltingen, Gemarkung Neunkirch, Kt. Schaffhausen, an (Landeskarte 1 : 25 000, Blatt 1031 Neunkirch, 681.400/281.750). Im oberen Abschnitt des Ergoltingertales konnten mit der Tüpfelmethode die Skalenwerte 0 und 1, südöstlich des Ergoltinger-



Abbildung 3. Die vermutete Wüstungsstelle von + Ergoltingen, etwa 100 m vom Ergoltingerhof talaufwärts



Abbildung 4. Ergoltingerhof, Ansicht von Süden

hofes (Abb. 3, 4 und Fig. 2) dagegen die Werte 2, 3 und 4 festgestellt werden. Die Ergebnisse der Laktatmethode sind in Fig. 2 dargestellt. Die höchsten Werte von 35,5 mg stimmen mit den dunklen Bodenverfärbungen überein. Wir kommen damit zur Interpretation von Phosphatplänen. Nach Mückenhausen¹⁸ enthalten Ackerböden im Durchschnitt 5 bis 20 mg laktatlösliche $P_2O_5/100$ g Boden, Waldböden 2 bis 10 mg. Guyan¹⁹, Semmel und v. Sperling²⁰ sowie Scheffer, Kloke und v. Sperling²¹ fanden im Zentrum von Ortswüstungen 23 bis über 100 mg, außerhalb 0 bis 17,5 mg. Vom Verfasser ausgeführte Untersuchungen an + Ergoltingen und + Berslingen (Kt. Schaffhausen) sowie an den Mittelaltergrabungen des Staatlichen Amtes für Denkmalpflege Stuttgart²² in Forchtenberg (Kreis Oehringen), Unterregenbach (Kreis Crailsheim) und Ulm-Weinhof (Kreis Ulm) ergaben:

+ Ergoltingen:	Zentrum: 12—35,5 mg außerhalb: 0,5—17,5 mg
+ Berslingen:	Zentrum: 25—43,5 mg außerhalb: 0,5—20 mg
Forchtenberg:	Zentrum: 16—165 mg außerhalb: 0—25 mg
Unterregenbach:	Kulturschichten: 19—72,5 mg
Ulm-Weinhof:	Kulturschichten: 12—77,5 mg

Aufgrund dieser Zahlen dürfen wir wohl Werte über 25 mg als wüstungsverdächtig bezeichnen, besonders aber solche in der Größenordnung von 50 bis über 100 mg. Daß es innerhalb eines Wüstungsareals auch phosphatärmere Regionen geben kann, ist durchaus verständlich. Nicht in allen Bereichen eines mittelalterlichen Wohnplatzes wird die Anreicherung phosphathaltiger Stoffe (Mist, Jauche, Knochen, Asche) gleichmäßig erfolgt sein. Außerdem haben wir mit nachträglichen Veränderungen der Kulturschichten zu rechnen. Besonders

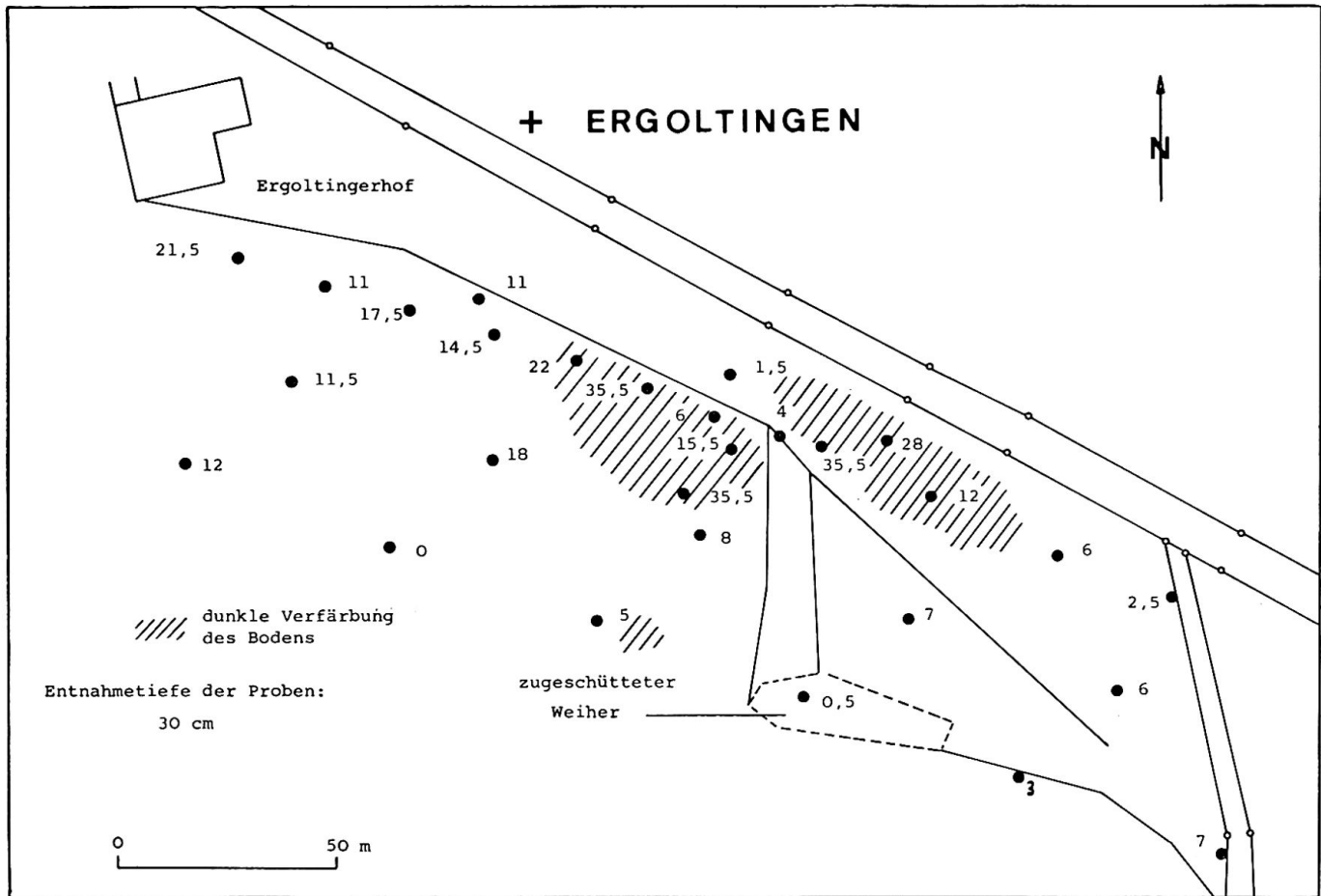
störend wirken sich mächtige Schuttüberlagerungen, Straßenbauten, Auffüllungen von Geländeunebenheiten usw. aus. Sie erschweren nicht nur die Interpretation, sondern verunmöglichen unter Umständen die Probeentnahme mit dem Erdbohrer und damit die Anwendung der Phosphatmethode. Die neuzeitliche Düngung der Äcker und Wiesen wird teilweise durch den Ernteentzug kompensiert; selbst stark phosphatgedüngte landwirtschaftliche Gebiete weisen selten über 25 mg laktatlösliche P_2O_5 auf.

Mit Hilfe von Phosphatuntersuchungen kann unter günstigen Bedingungen auch die ungefähre Größe des lokalisierten Wohnplatzes bestimmt werden. Diese Aufgabe läßt sich relativ leicht lösen, falls eine ungestörte Kulturschicht in horizontaler Lagerung vorhanden ist. Je komplizierter hingegen die Lagerungsverhältnisse, desto mehr Proben benötigt man zur dreidimensionalen Erfassung der Phosphatanreicherung. Die Ausgrabung von + Berslingen hat ergeben, daß die oberflächlich aus Äckern und Wiesen entnommenen Proben nur einen Teil des wüstgelegten Wohnplatzes anzeigten. Es wären noch zusätzliche Proben aus verschiedenen Tiefen nötig gewesen, um das mittelalterliche Dorf vollständig zu erfassen.

Abschließend weisen wir noch auf die Möglichkeit hin, Phosphatuntersuchungen bei Wüstungsgrabungen anzuwenden. Sind z. B. die Kulturschichten im Profil undeutlich erkennbar, so kann ein vertikales Phosphatprofil zur Schichtdifferenzierung beitragen.

Zusammenfassung

Phosphatuntersuchungen sind in Verbindung mit anderen Methoden geeignete Hilfsmittel zur topographischen Lokalisation von Ortswüstungen. Bei



Figur 2. Phosphatplan von + Ergoltingen

der Methode nach Lorch besteht die Möglichkeit von Analysefehlern, so daß wir die Laktatmethode in Verbindung mit der Tüpfelmethode vorziehen möchten. In einem ersten Arbeitsgang untersuchen wir das Gelände mit der Tüpfelmethode, die besonders wüstungsverdächtigen Stellen anschließend mit der Laktatmethode. Nach unserer Auffassung sind Gebiete mit den Skalenwerten 2, 3 und 4 beziehungsweise über 25 mg laktatlösliche P_2O_5 /100 g Boden wüstungsverdächtig. Zusätzlich zur Lokalisation ist es unter günstigen Umständen möglich, die Ausdehnung des wüstgelegten Wohnplatzes größenordnungsmäßig zu bestimmen.

Anmerkungen

1 Abel W., 1967: Wüstungen in Deutschland, ein Sammelbericht. Zeitschrift für Agrargeschichte und Agrarsoziologie, Sonderheft 2. Villages désertés et Histoire économique. XI^e—XVIII^e siècle, Sammelbericht der Ecole pratique des hautes études. VI^e section, Centre de recherches historiques. Paris 1965.

2 Guyan W. U., 1968: Die ländliche Siedlung des Mittelalters in der Nordschweiz. Geographica Helvetica 2, mit zahlreichen weiteren Literaturhinweisen.

3 Kläui H., 1955: Wüstungsforschung im Kanton Zürich. Zürcher Chronik, N. F., Nr. 2.

4 Trächsel M., 1962: Die Hochäcker der Nordostschweiz. Zürcher Dissertation.

5 Lüthi A., 1968: Wüstungsforschung im Kanton Aargau, in: Festschrift für Karl Schib, herausgegeben vom Historischen Verein des Kantons Schaffhausen.

6 vgl. dazu: Degener C., 1964: Abwanderung, Ortswüstung und Wandel der Landnutzung in den Höhenstufen des Oisans. Göttinger Geographische Abhandlungen, Heft 32.

7 Abel W., 1967: Wüstungen in historischer Sicht, in: Wüstungen in Deutschland, ein Sammelbericht. Vgl. Anm.1.

8 vgl. dazu: Jäger H., 1968: Wüstungsforschung und Geographie, in: Geographische Zeitschrift, 56. Jahrgang, Heft 53, mit weiteren Literaturhinweisen.

9 Guyan W. U., 1968: Ausgrabung eines Mittelalterdorfes bei Schaffhausen. NZZ-Morgenausgabe, Nr. 593, Donnerstag 26. September.

¹⁰ Zu diesen Fragen der Methodik:

Guyan W. U., 1946: Die mittelalterliche Wüstlegung als geographisches und archäologisches Problem, dargelegt an einigen Beispielen aus dem Kanton Schaffhausen, in: Zs. f. Schweiz. Geschichte, 26. Jahrgang, Heft 4.

Abt P., 1968: Beiträge zur Methodik der topographischen Lokalisation von Ortswüstungen. Zürcher Dissertation.

¹¹ Arrhenius O., 1931: Die Bodenanalyse im Dienste der Archäologie. Zeitschrift für Pflanzenernährung, Düngung, Bodenkunde 10 B.

¹² Lorch W., 1940: Die siedlungsgeographische Phosphatmethode. Die Naturwissenschaften 28.

¹³ Guyan W. U., 1951: Beiträge zur topographischen Lokalisation einer Wüstlegung mit der Laktatmethode am Beispiel von Mogern. Geographica Helvetica VII.

Scheffer F., Kloke A. und v. Sperling H., 1956: Ursachen und Zusammenhänge hoher Phosphatlöslichkeit im Boden. Zs. für Pflanzenernährung, Düngung, Bodenkunde 72 (117).

¹⁴ Gundlach H., 1961: Tüpfelmethode auf Phosphat, angewandt in prähistorischer Forschung (als Feldmethode). Mikrochimica Acta 5.

¹⁵ Schwarz G. T., 1967: A simplified chemical test for archaeological field work. Archaeometry, Vol. 10.

¹⁶ Ausführliche Beschreibung der Analysemethoden bei:

Lange B., 1964: Kolorimetrische Analyse, Weinheim, und:

Frei E., Peyer K. und Schütz E., 1964: Untersuchungen über die Phosphorsäurebestimmung mit Molybdänblau in Bodenextrakten. Schweizerische Landwirtschaftliche Forschung. Heft 3.

¹⁷ Herrn Dr. E. Frei von der Eidgenössischen Landwirtschaftlichen Versuchsanstalt Zürich-Oerlikon verdanke ich zahlreiche wertvolle Anregungen.

¹⁸ Mückenhausen E., 1955: Die wichtigsten Böden der Bundesrepublik Deutschland. Frankfurt a. M.

¹⁹ Guyan W. U., 1951: Beiträge zur topographischen Lokalisation einer Wüstlegung mit der Laktatmethode am Beispiel von Morgen. Geographica Helvetica VII.

²⁰ Semmel A., v. Sperling W., 1963: Untersuchungen zur Lage der Wüstung Prangenheim in der Gemarkung Trebur. Rhein-Mainische Forschungen, Heft 54.

²¹ Scheffer F., Kloke A., v. Sperling H., 1956: Ursachen und Zusammenhänge hoher Phosphatlöslichkeit im Boden. Zs. für Pflanzenernährung, Düngung, Bodenkunde 72 (117).

²² Herrn Dr. G. P. Fehring vom Staatlichen Amt für Denkmalpflege Stuttgart verdanke ich dieses interessante Vergleichsmaterial.